

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-8027

(P2001-8027A)

(43) 公開日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 4 N 1/393		H 0 4 N 1/393	B B 0 5 7
G 0 6 T 3/40		G 0 6 F 15/66	3 5 5 A 5 C 0 7 6

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平11-174990

(22) 出願日 平成11年6月22日 (1999. 6. 22)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 渡辺 辰巳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 ▲くわ▼原 廣浩

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

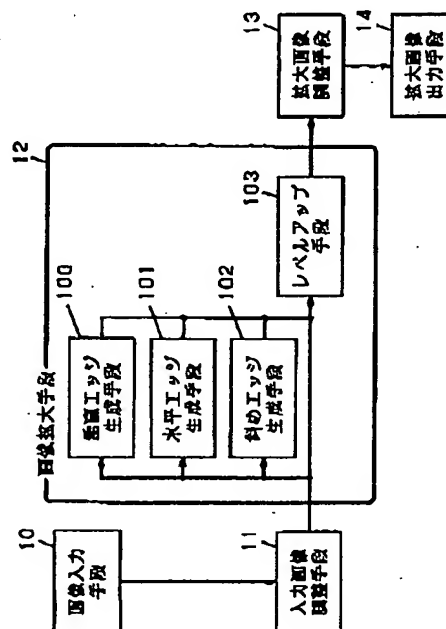
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像拡大装置

(57) 【要約】

【課題】 出力デバイスに合わせて原画像を拡大する装置において、エッジ等のぼけやがたつきが生じず鮮明な画像拡大が可能な画像拡大装置を提供する。

【解決手段】 画像入力手段10で得られた原画像は、所望の水平、垂直画素数の1/2になるように入力画像調整手段11で調整され、調整された原画像より垂直エッジ生成手段100、水平エッジ生成手段101、斜めエッジ生成手段102で3方向のエッジ画像が生成される。この3つと11で調整された画像をウェーブレット変換画像における4つのサブバンド成分と見なしレベルアップ手段103で逆ウェーブレット変換により4倍の画素数を持つ拡大画像を造る。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力される n 画素 $\times m$ 画素の原画像を拡大処理して Ln 画素 $\times Lm$ 画素の拡大画像を得る画像拡大装置において、

入力された原画像を $Ln/2$ 画素 $\times Lm/2$ 画素に調整する入力画像調整手段と、

前記入力画像調整手段により調整された画像にウェーブレット変換に基づく方法を適用して拡大画像を生成する画像拡大手段と、を有することを特徴とする画像拡大装置。

【請求項2】 画像拡大手段は、

前記入力画像調整手段により調整された画像の垂直方向のエッジ画像を生成する垂直エッジ生成手段と、

前記入力画像調整手段により調整された画像の水平方向のエッジ画像を生成する垂直エッジ生成手段と、

前記入力画像調整手段により調整された画像の斜め方向のエッジ画像信号を生成する斜めエッジ生成手段と、

前記各々のエッジ生成手段で得られた垂直エッジ画像、水平エッジ画像、斜めエッジ画像および、前記入力画像調整手段で調整された原画像とをウェーブレット変換画像におけるサブバンド成分と見なし、このサブバンド成分に対して逆ウェーブレット変換を行って4倍の画素数を持つ拡大画像を生成するレベルアップ手段と、を有することを特徴とする請求項1に記載の画像拡大装置。

【請求項3】 画像拡大手段は、

前記入力画像調整手段により調整された画像の水平、垂直方向画素数が2の倍数になるように再度調整する入力微調整手段と、

前記入力微調整手段で調整された画像にウェーブレット変換を行うレベルダウン手段と、

前記レベルダウン手段で得られた変換画像の低周波域に位置するサブバンド成分より垂直方向のエッジ画像を生成する参照HL成分生成手段と、

前記レベルダウン手段で得られた変換画像の低周波域に位置するサブバンド成分より水平方向のエッジ画像を生成する参照LH成分生成手段と、

前記レベルダウン手段で得られた変換画像の低周波域に位置するサブバンド成分より斜め方向のエッジ画像を生成する参照HH成分生成手段と、

前記参照HL成分生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の垂直方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との関連を表すHL補正量推定手段と、

前記参照LH成分生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の水平方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との関連を表すLH補正量推定手段と、

前記参照HH成分生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の高周波領域に位置するサブバンド成分との関連を表すHH補正量推定手段と、

前記調整された原画像の垂直方向のエッジ画像を生成する垂直エッジ生成手段と、

前記垂直エッジ生成手段で得られた垂直エッジ画像をHL補正量推定手段の結果により補正してHLサブバンド成分とするHL成分推定手段と、

前記調整された原画像の水平方向のエッジ画像を生成する水平エッジ生成手段と、

前記水平エッジ生成手段で得られた水平エッジ画像をLH補正量推定手段の結果により補正してLHサブバンド成分とするLH成分推定手段と、

前記調整された原画像の斜め方向のエッジ画像を生成する斜めエッジ生成手段と、

前記斜めエッジ生成手段で得られた斜めエッジ画像をHH補正量推定手段の結果により補正してHHサブバンド成分とするHH成分推定手段と、

前記LH、HL、HHの成分推定手段で得られたHL、LH、HH成分の3つの画像および、調整された画像とをウェーブレット変換画像におけるサブバンド成分と見なし、このサブバンド成分に対して逆ウェーブレット変換を行って4倍の画素数を持つ拡大画像を生成するレベルアップ手段とを有することを特徴とする請求項1に記載の画像拡大装置。

【請求項4】 画像拡大手段は、

前記入力画像調整手段により調整された画像の水平、垂直画素数が2の倍数になるように再度調整する入力微調整手段と、

前記入力微調整手段で調整された画像にウェーブレット変換を行うレベルダウン手段と、

前記レベルダウン手段で得られた画像の低周波域に位置するサブバンド成分よりラブラシアンエッジ画像を求め参照成分生成手段と、

前記参照成分生成手段で得られた参照成分画像と前記レベルダウン手段で得られた変換画像の垂直方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との関連を表すHL補正量推定手段と、

前記参照成分生成手段で得られた参照成分画像と前記レベルダウン手段で得られた変換画像の水平方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との関連を表すLH補正量推定手段と、

前記基本画像生成手段で得られた参照成分画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の高周波域のサブバンド成分との関連を表すHH補正量推定手段と、

前記調整された原画像のラブラシアンエッジ画像を生成するエッジ生成手段と、

前記エッジ生成手段で得られたエッジ画像をHL補正量推定手段の結果により補正してHLサブバンド成分とするHL成分推定手段と、

前記エッジ生成手段で得られたエッジ画像をLH補正量推定手段の結果により補正してLHサブバンド成分とするLH成分推定手段と、

前記エッジ生成手段で得られたエッジ画像をHH補正量推定手段の結果により補正してHHサブバンド成分とす

るHH成分推定手段と、

前記LH、HL、HHの成分推定手段で得られたHL、LH、HH成分の3つの画像および、調整された画像とをウェーブレット変換画像におけるサブバンド成分と見なし、このサブバンド成分に対して逆ウェーブレット変換を行って4倍の画素数を持つ拡大画像を生成するレベルアップ手段と、を有することを特徴とする請求項1に記載の画像拡大装置。

【請求項5】 $L_n/2$ および $L_m/2$ の値が整数である場合には、入力された原画像を前記入力調整手段により調整し、調整された画像に対して前記画像拡大手段により拡大画像を生成し、

$L_n/2$ または $L_m/2$ の少なくとも一方の値が整数でない場合には、入力された原画像を前記入力調整手段により調整し、調整された画像に対して前記画像拡大手段により拡大画像を生成し、その後、前記画像拡大手段で得られた拡大画像を拡大画像調整手段により L_n 画素 \times L_m 画素に調整することを特徴とする請求項1に記載の画像拡大装置。

【請求項6】 入力される原画像を拡大処理して拡大画像を得る画像拡大装置において、拡大対象画像に原画像を設定する拡大処理初期化手段と、

前記拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく方法を用いることにより、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成する対象画像拡大手段と、

対象画像拡大手段により得られた拡大画像を拡大対象画像に設定し、対象画像拡大手段に処理を戻す手段と、

前記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を視覚的に提示する拡大画像提示手段と、

前記拡大画像提示手段により提示された拡大画像に対し、拡大処理または縮小処理を行う画像調整手段と、

前記画像調整手段により得られた画像を出力する拡大画像出力手段と、

を有することを特徴とする画像拡大装置。

【請求項7】 対象画像拡大手段は、請求項2から4のいずれかに記載の画像拡大手段において、調整された画像を用いる代わりに、前記対象画像を用いることを特徴とする請求項6に記載の画像拡大装置。

【請求項8】 入力される n 画素 \times m 画素のカラーデジタル画像を拡大処理して L_n 画素 \times L_m 画素の拡大画像を得るカラー画像拡大装置において、

前記カラー画像構成成分より基本カラー成分を選択する基本成分選択手段と、

前記基本成分選択手段で選択された基本カラー成分から他のカラー成分を導出する際の変換比率を導出する変換比率導出手段と、

入力された原画像の基本カラー成分を $L_n/2$ 画素 \times $L_m/2$ 画素に調整する基本成分画像調整手段と、

前記基本成分画像調整手段により、調整された画像の基本

カラー成分にウェーブレット変換に基づく方法を用いて拡大画像を生成する基本画像拡大手段と、

前記基本画像拡大手段で得られる基本カラー成分の拡大画像を所望の L_n 画素 \times L_m 画素に調整する基本拡大画像調整手段と、

前記基本拡大画像調整手段で導出された基本カラー成分の拡大画像に変換比率導出手段の変換比率を適用することと他のカラー成分における拡大画像を推定する不足成分拡大手段と、

10 前記基本拡大画像出力手段で導出された基本カラー成分の拡大画像と、前記不足成分拡大手段で推定された残りのカラー成分を合成することでカラー原画像の拡大画像を生成する拡大画像出力手段と、

を有することを特徴とする画像拡大装置。

【請求項9】 基本画像拡大手段としては、請求項2から4のいずれかに記載の画像拡大手段を用いることを特徴とする請求項8に記載のカラー画像拡大装置。

【請求項10】 HL補正量推定手段は、

20 前記参照HL成分生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の垂直方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との差分画像を補正成分として求め、

LH補正量推定手段は、

前記参照LH成分生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の水平方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との差分画像を補正成分として求め、

HH補正量推定手段は、

30 前記参照HH成分生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の高周波な領域に属するサブバンド成分との差分画像を補正成分として求め、

HL、LH、HHの各成分推定手段は、

前記3つの補正成分画像を線形補間により4倍の画素数の画像に拡大し、対応するエッジ画像に加えることで補正処理を行うことを特徴とする請求項3に記載の画像拡大装置。

【請求項11】 HL補正量推定手段は、

前記参照エッジ生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の垂直方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との差分画像を補正成分として求め、

40 LH補正量推定手段は、

前記参照エッジ生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の水平方向に低周波な領域に属するサブバンド成分との差分画像を補正成分として求め、

HH補正量推定手段は、

前記参照エッジ生成手段の画像と前記レベルダウン手段で得られた画像の高周波な領域に属するサブバンド成分との差分画像を補正成分として求め、

HL、LH、HHの各成分推定手段は、

50 前記3つの補正成分画像を線形補間により4倍の画素数を持つ画像に拡大し、対応するエッジ画像に加えること

で補正処理を行うことを特徴とする請求項4に記載の画像拡大装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鮮明で高品質な画像拡大を実現することのできる画像拡大装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】画像データベース、高精細カラー印刷等の分野では種々の高品質な画像処理機能が求められており、その1つとして画像の拡大がある。また画像の拡大は、画像処理システムの1機能としてのほかに、解像度の異なるメディア間におけるマッチングをとるため、例えば、電子スチルカメラ等で入力した低解像度の画像を、レーザープリンタ、インクジェットプリンタ等の高解像度のプリンタに出力する際においても重要な技術である。

【0003】従来の画像の拡大方法としては、単純に画素間を補間する方法が採用されてきた。代表的な補間方法としては、図17、(数1)のような補間する画像に近いサンプル画素の距離比を用いて補間値を決定する線形補間法や、最も近いサンプルの値を補間値とするニアレストネイバー法(nearest neighbor method)等がある。

【0004】

【数1】

$$De = (1-\mu) \times (1-\nu) \times Da + \mu \times (1-\nu) \times Db + (1-\mu) \times \nu \times Dc + \mu \times \nu \times Dd$$

【0005】(数1)において、Daは図17のA点の画素データを、DbはB点の画素データを、DcはC点の画素データを、DdはD点の画素データを表す。Eが求める補間点である。

【0006】しかし、上記方法において、線形補間法は通過帯域の周波数特性が抑制されるために、低域通過フィルタ(ローパスフィルタ; LPF)をかけたような作用を受けてスムージングされ、画像の鮮明さや細部の表現に不足したぼけ画像となりやすいという欠点がある。また、ニアレストネイバー法は高周波の歪れが多いために歪みを起こしやすく、その歪みがモザイクやエッジ部のジャギーとして現れる欠点がある。

【0007】そこで、上記問題を解決する方法として、FFT(高速フーリエ変換)やDCT(離散コサイン変換)等の直交変換を用いて、実空間の画像信号を、周波数空間の画像信号に変換した後に拡大する方法が提案されている。これらの方法の意図するところは、サンプリング時に失われた高周波成分を復元し、画像の細部情報やエッジ情報を推定し復元することで拡大画像の高画質化を図るものである。

【0008】それらの従来例を図18、図19に示す。これらは特開平2-76472もしくは特開平5-16

7920で示される例である。図18はその構成を表すブロック図であり、図19は処理工程を模式的に表した図である。まず、図19(a)に示すような実空間の原画像($n \times n$ 画素)に直交変換を行い周波数空間の成分に変換する。図19(b)は、その係数成分の位置を画像の画素位置に見立てて配置することで生成できる周波数空間の画像である。この処理は図18の原画像直交変換手段1800で行われる。この際、この周波数空間の画像は元々周波数成分を各成分位置に従い並べたものであり、 $n \times n$ の行列で表すことができる。この周波数変換後の行列は、左上部に行くほど低周波成分となり、右方向及び下方向に行くに従い高周波成分となる。次に"0"成分埋め込み手段1801において、このように周波数空間の画像に変換された領域を s 倍した領域(図19(c)の $s_n \times s_n$ の領域)が用意され、 $s_n \times s_n$ の領域における低周波成分の領域部分には、上記直交変換により得られた図(b)で示される $n \times n$ の周波数領域をコピーし、残りの高周波領域には"0"が補間される。最後に逆直交変換手段1802においてこの $s_n \times s_n$ の周波数領域を逆直交変換することにより、図19(d)のように s 倍された実空間の画像信号が得られ、拡大画像出力手段14で推定された拡大画像が出力されるのである。

【0009】このように高周波成分に"0"を補間する方法以外に、例えば特開平6-54172のように画像信号を直交変換を用いて正変換とその逆変換を繰り返す過程(Gerchberg-Papoulis反復による方法)で、高周波成分の復元を行う方法も提案されている。また、特開平8-294001のように、原画像の直交変換成分を低周波領域に埋め込み、高周波領域は予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を埋める方法も提案されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、高周波領域に"0"を埋め込めて拡大する方法は、線形補間法やニアレストネイバー法のような画素間の補間方法に比べれば良好な拡大画像を得ることができるが、サンプリング時に削除された高周波成分の復元がされていないため、十分に鮮明な画像が得られないという問題があった。

【0011】また、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分を復元する方法は、正変換と逆変換を繰り返すために演算処理が多くなり、処理速度において問題がある。直交変換、逆直交変換の演算量は、拡大率 s が大きい場合にはあまり問題がないが、拡大率 s が大きいと正変換の演算量に対し逆変換の演算量が $s \times n$ にほぼ比例して増えることとなる。特に、実際に行われる2次元ブロックに対する処理においてはその演算量は $s \times n$ の3乗にほぼ比例して増える。さらに、カラー画像信号の拡大ともなると、複色カラー成分に対して拡大処理が必要となり、さらに処理時間がかかる。また、拡大処理の対象となる画像が低解像度の場

合には、高周波成分の復元が十分には行われないという例があった。

【0012】特開平8-294001の場合、これらの問題点を考慮して方法であり、処理時間や高周波成分の復元に工夫がなされている。しかし、原画像の高周波領域には予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を埋めるため、予め大多数の画像をもとに高周波成分とその他の領域との間のルール作りを行うことが必要となり、適切なルールベース作成に手間がかかるし、それが適切なルールが作成できなければ十分な効果を発揮できない心配がある。

【0013】さらに、一般に画像のサイズは任意であり、そして直交変換にかかるサイズは大きくなればなるほど処理時間が長くなる。そのため、処理速度等の問題より一般には画像サイズ1度に直交変換を掛けることはせず、4画素から16画素程度のブロックサイズで行われる。その際、出来上がった拡大画像のブロック間の不連続性（ブロック歪み）が境界部分に生じる問題点もあった。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明における画像拡大装置は、ウェーブレット変換における多重解像度解析を利用したものである。

【0015】本発明の画像拡大装置は、入力される n 画素 $\times m$ 画素の原画像を拡大処理して L_n 画素 $\times L_m$ 画素の拡大画像を得る画像拡大装置において、入力された原画像を $L_n/2$ 画素 $\times L_m/2$ 画素に調整する入力画像調整手段と、前記入力画像調整手段により調整された画像にウェーブレット変換に基づく方法を適用して拡大画像を生成する画像拡大手段と、を有することを特徴とするものである。

【0016】上記の画像拡大装置は、具体的に、求める拡大画像の画素数に応じて調整された画像と、その垂直方向のエッジ画像、水平方向のエッジ画像、斜め方向のエッジ画像を、ウェーブレット変換画像を構成する4つのサブバンド画像と見なし、このサブバンド画像に対して逆ウェーブレット変換を行うことにより、所望とする画素サイズの拡大画像を求めるものである（後述する第1の実施の形態を参照）。

【0017】そして、上記の画像拡大装置は、具体的に、入力された原画像をウェーブレット変換した画像の低周波域にある $1/4$ サイズの縮小画像より得られる3つのエッジ画像と、変換画像内の残りの3つのサブバンド画像間の関連性を求め、その関連情報を使って、求める拡大画像の画素数に応じて調整された画像の垂直方向エッジ画像、水平方向エッジ画像、斜め方向エッジ画像の各々を補正する。

【0018】そして、調整された画像と補正された3つのエッジ画像をウェーブレット変換画像を構成する4つのサブバンド画像と見なし、このサブバンド画像に対し

て逆ウェーブレット変換を行うことにより、所望とする画素サイズの拡大画像を求めるものである（後述する第2の実施の形態を参照）。

【0019】そして、上記の画像拡大装置は、具体的に、入力された原画像のウェーブレット変換画像の低周波域にある $1/4$ サイズ縮小画像より得られる1つの平均的なエッジ画像と、変換画像内の残りの3つのサブバンド画像間の関連性を求め、その関連情報を使って、求める拡大画像の画素数に応じて調整された画像から得られる1つの平均的なエッジ画像を補正する。

【0020】そして、調整された画像と補正により得られた3つの画像をウェーブレット変換画像を構成する4つのサブバンド画像と見なし逆ウェーブレット変換を行うことにより、所望とする画素サイズの拡大画像を求めるものである（後述する第3の実施の形態を参照）。

【0021】また、本発明の画像拡大装置は、入力される原画像を拡大処理して拡大画像を得る画像拡大装置において、拡大対象画像に原画像を設定する拡大処理初期化手段と、前記拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく方法を適用することにより、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成する対象画像拡大手段と、対象画像拡大手段により得られた拡大画像を拡大対象画像に設定し、対象画像拡大手段に処理を戻す手段と、前記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を視覚的に提示する拡大画像提示手段と、前記拡大画像提示手段により提示された拡大画像に対し、拡大処理または縮小処理を行う画像調整手段と、前記画像調整手段により得られた画像を出力する拡大画像出力手段と、を有することを特徴とするものである。

【0022】具体的には、拡大したい画像サイズが取り合えず不明の場合に上記のウェーブレット変換を用いた拡大方式を適用したものであり、逆ウェーブレット変換で得られた拡大画像を次の対象画像として、順に逆ウェーブレット変換を行うことにより4倍の画素数を持つ画像への拡大処理を繰り返す。そして、視覚的に所望の拡大率になった時点で作業を止めることで、入力された原画像の拡大作業を行うものである（後述する第4の実施の形態を参照）。

【0023】また本発明の画像拡大装置は、入力される n 画素 $\times m$ 画素のカラーデジタル画像を拡大処理して L_n 画素 $\times L_m$ 画素の拡大画像を得るカラー画像拡大装置において、前記カラー画像構成成分より基本カラー成分を選択する基本成分選択手段と、前記基本成分選択手段で選択された基本カラー成分から他のカラー成分を導出する際の変換比率を導出する変換比率導出手段と、入力された原画像の基本カラー成分を $L_n/2$ 画素 $\times L_m/2$ 画素に調整する基本成分画像調整手段と、前記基本成分画像調整手段により、調整された画像の基本カラー成分にウェーブレット変換に基づく方法を適用して拡大画像を生成する基本画像拡大手段と、前記基本画像拡大手段で得られる

基本カラー成分の拡大画像を所望の l_n 画素 \times l_n 画素に調整する基本拡大画像調整手段と、前記基本拡大画像調整手段で導出された基本カラー成分の拡大画像に変換比率導出手段の変換比率を適用することで他のカラー成分における拡大画像を推定する不足成分拡大手段と、前記基本拡大画像出力手段で導出された基本カラー成分の拡大画像と、前記不足成分拡大手段で推定された残りのカラー成分を合成することでカラー原画像の拡大画像を生成する拡大画像出力手段とを有することを特徴とするものである。

【0024】具体的には、上記ウェーブレット変換を用いた拡大方式において、入力された画像がカラー画像である場合に、入力されたカラー画像を構成するカラー成分で基本とするカラー成分を決定し、その基本カラー成分に対する拡大画像を生成する。そして残りのカラー成分は、基本カラー成分の拡大画像に変換比率による線形変換を行った推定により求めることで、カラー画像の拡大画像生成における処理を効率化したものである（後述する第5の実施の形態を参照）。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の第1の実施の形態である画像拡大装置の構成図を、図7は本発明の第2の実施の形態である画像拡大装置を構成する画像拡大手段の構成図を、図10は本発明の第3の実施の形態である画像拡大装置を構成する画像各手段の構成図を、図13は本発明の第4の実施の形態である画像拡大装置の構成図を、図15は本発明の第5の実施の形態である画像拡大装置の構成図を表す。

【0026】また、図4は本発明の第1の実施の形態である画像拡大装置の処理の工程の模式図を、図8は本発明の第2の実施の形態である画像拡大装置の処理工程の模式図を、図11は本発明の第3の実施の形態である画像拡大装置の処理工程の模式図を、図14は本発明の第4の実施の形態である画像拡大装置の処理工程の模式図を、図16は本発明の第5の実施の形態である画像拡大装置の処理工程の模式図を表す。構成図の各図において、同一部には同じ番号を付している。

【0027】（第1の実施の形態）まず、本発明の第1の実施の形態である画像拡大装置について説明する。図1は第1の実施の形態である画像拡大装置の構成を表す。図1において、10は、スキャナやデジタルステルカメラ等に代表される入力デバイスや、これらの入力デバイスより得られたデジタル画像の読み出し手段である画像入力手段、11は、画像入力手段で得られた n 画素 \times n 画素を持つ原画像の水平、垂直画素数を所望の拡大画像サイズ l_n 画素 \times l_n 画素の $1/2$ になるように調整する入力画像調整手段、12はウェーブレット変換における多重解像度解析を利用した画像拡大を行う画像拡大手段、13は画像拡大手段12で得られた11で調整され

た原画像の4倍の画素数を持つ拡大画像を所望の拡大画像サイズである l_n 画素 \times l_n 画素に調整する拡大画像調整手段、14は13で推定された拡大後の画像データを表示したり他の装置等へ出力するための拡大画像出力手段である。

【0028】そして画像拡大手段12は、入力画像調整手段11で $l_n/2$ 画素 \times $l_n/2$ 画素に調整された原画像より垂直方向のエッジ成分画像を取り出す垂直エッジ生成手段100と、入力画像調整手段11で $l_n/2$ 画素 \times $l_n/2$ 画素に調整された原画像より水平方向のエッジ成分画像を取り出す垂直エッジ生成手段101と、入力画像調整手段11で $l_n/2$ 画素 \times $l_n/2$ 画素に調整された原画像より斜め方向のエッジ成分画像を取り出す垂直エッジ生成手段102と、100から102で得られた3つのエッジ成分画像と、入力画像調整手段11で $l_n/2$ 画素 \times $l_n/2$ 画素に調整された原画像を、 l_n 画素 \times l_n 画素の拡大画像にウェーブレット変換を行った際の変換画像を構成するサブバンド成分の4つと見なして、逆ウェーブレット変換により l_n 画素 \times l_n 画素の拡大画像を生成するレベルアップ手段103より構成される。

【0029】以上のように構成された第1の実施の形態である画像拡大装置では、ウェーブレット変換による多重解像度解析が画像拡大に利用されている。ウェーブレット変換は、「ウェーブレット ビギナーズガイド」（構原 進著、東京電機大学出版局）等の多くの文献に記載されている。ウェーブレット変換は、周波数解析の方法として開発されたものであり、信号処理、画像等のデータ圧縮をはじめとした多くの分野で応用がなされているものである。

【0030】ウェーブレット変換を原画像に施しウェーブレット変換画像を得た場合、それはいくつかのサブバンド成分より構成されている。図3はウェーブレット変換画像のサブバンド成分の配置例を示す図であり、原画像を、LL3、HL3、LH3、HH3、HL2、LH2、HH2、HL1、LH1、LL1の10のサブバンド成分に分割した例を表す。

【0031】図2は図3のような3段階のウェーブレット変換をフィルタ系列で表現した図であり、図2より明らかなように垂直方向（ y 方向）と水平方向（ x 方向）へ各々独立にローパスフィルタ処理の後に $1/2$ にダウンサンプリングする処理Lowとハイパスフィルタ処理の後に $1/2$ にダウンサンプリングする処理Highの組み合わせで構成されている。まず、原画像に水平方向にHighとLowが行われる。そして水平方向にHighの処理をした際の出力に対し、垂直方向にHigh処理を行った結果がHH成分であり、垂直方向にLowフィルタ処理した結果がHL成分となる。次に、水平方向にLowのフィルタ処理をした際の出力に対し、垂直方向にLowフィルタ処理をした結果がLL成分であり、垂直方向にHighのフィルタ処理を施した結果がLH成分となる。ここまでの1度目のウェーブレット変換で得られる結果である。

【0032】さらに、LL1成分に対し、水平方向にLowフィルタ処理とHighフィルタ処理が行われ、水平方向にHighの処理をした際の出力に対し垂直方向にHighフィルタ処理をした結果がHH2であり、垂直方向にLowフィルタ処理をした結果がHL2である。また、水平方向にLowのフィルタ処理をした際の出力に対し、垂直方向にLowフィルタ処理をした結果がLL2であり、垂直方向にHighのフィルタ処理を施した結果がHH2成分となる。ここまでの2度目のウェーブレット変換で得られる結果である。

【0033】LL2成分に対しても同様に水平方向へのLowフィルタ処理とHighフィルタ処理を個別に行い、垂直方向に対してもLowフィルタ処理とHighフィルタ処理を個別に施すことで、HH3、HL3、LH3、LL3のサブバンド成分が得られ、3度目のウェーブレット変換が行われたこととなる。

【0034】このように、原画像に対する第1段階のウェーブレット変換により、LL1、HL1、LH1、HH1の4つの周波数成分に分解され、水平方向及び垂直方向ともに1/2のサブサンプリングが行われるため、各成分を表す画像の大きさは原画像の1/4になる。LL1は原画像における低周波成分を抽出したもので、原画像のばやけた画像であるが、原画像の大部分の情報はここに含まれる。そのため、次の第2段階のウェーブレット変換では、このLL1が対象画像として見なされる。

【0035】一方、HL1成分は図2におけるフィルタ処理により、原画像において水平方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなり、LH1は原画像において垂直方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなる。そして、HH1は水平方向、垂直方向ともに高周波成分を抽出した画像となり、言い換えれば斜め方向における高周波成分を抽出した画像と考えることもできる。

【0036】これは画素値から考えると、HL1成分は原画像において水平方向に対して画素値の変動の大きな領域（垂直方向を向くエッジ情報）を強く反映しており、LH1は原画像において垂直方向に対して画素値の変動の大きな領域（水平方向を向くエッジ情報）を強く反映しており、HH1は水平方向、垂直方向ともに画素値の変動の大きい領域（斜め方向を向くエッジ情報）を大きく反映していると考えられるのである。

【0037】以上のようなウェーブレット変換による特徴は、LL1を対象とした第2段階目のウェーブレット変換で得られたLL2、HL2、LH2、HH2の成分に関しても言えることであり、同様にLL2を対象画像としたウェーブレット変換の成分についても成立する。このようにウェーブレット変換は、1段階前のサブバンド画像において低周波成分を抽出したLL画像を、低周波成分、垂直、水平、斜め方向の周波数成分に相当する4枚の1/4の解像度画像に分解することととらえることができる。そして、これらのサブバンド成分画像をフィルタ処理により

合成することで1つ前の段階の画像を復元することができる。図3で考えると、4つのサブバンド画像LL3、HL3、LH3、HH3を合成することでLL2が復元され、LL2、HL2、LH2、HH2を合成することでLL1が復元される。そして、LL1、HL1、LH1、HH1を使うことで、原画像を復元することができる。このようにウェーブレット変換では、解像度の異なる複数のサブバンド成分画像を同時に表現できるため、多重解像度解析とも呼ばれ、各々のサブバンド成分を圧縮することで効率の良いデータ圧縮が行えるとして注目されている。本発明では、原画像を1つ前の段階における低周波サブバンド成分LL1と見なして、残りの水平方向における高周波成分を強く抽出した画像HL1、垂直方向における高周波成分を強く抽出した画像LH1、そして水平方向、垂直方向ともに高周波成分を抽出した画像HH1を推定することで、2倍の拡大画像を得ることで、原画像を所望の画像サイズに拡大することに適用したものである。

【0038】以上のことを念頭において、本発明における第1の画像拡大装置の動作について説明する。まず、最初に画像入力手段10において、拡大すべきn画素×n画素のサイズを持つ原画像の読み取りが行われる。この場合、デジタルスチルカメラやスキャナ等の入力デバイスを用意しそこからの入力データでも良いし、他の装置からのデジタルデータファイル等からの読み込みをする手段より構成されていても良い。10で得られた原画像は入力画像調整手段11において、画像サイズの調整を受ける。これは、ウェーブレット変換における多重解像度解析で述べたように、対象画像を1度ウェーブレット変換する場合、変換後のサブバンド成分は常に変換前の水平画素数、垂直画素数ともに1/2サイズとなる。逆に、逆ウェーブレット変換により得られる画素サイズはその処理を行う際のサブバンド成分の水平画素数、垂直画素数ともに2倍、つまり4倍の画素数を持つこととなる。以上のような性質より、逆ウェーブレット変換で得られる拡大画素の水平、垂直画素数は2の倍数であることが望ましい。そこで、11では、まず所望の拡大画素サイズであるLn画素×Ln画素を2の倍数であるdLn画素×dLn画素になるように調整するとともに、原画像をdLn/2画素×dLn/2画素になるように調整する。この際、調整方法としていろいろな手法が挙げられるが、ここでは画素間に（数1）を使って補間するか、画素変動の少ない領域上の画素を間引くことで実現するものとする。原画像をDCT変換等の直交変換により周波数領域に変換し、dLn/2画素×dLn/2画素に対応する周波数成分を取り出したり、0で不足する高周波成分を埋め、それをdLn/2画素×dLn/2画素に対応する逆直交変換で調整する方法でも可能であるが、処理の効率化とこの後、さらにウェーブレット変換による方式で拡大することを考え合わせると、ここでの複雑な処理はあまり効率が良いとは思えないので、単純な画素補間もしくは間引きを採用する

こととした。

【0039】画像拡大手段12では、入力画像調整手段11で $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像を水平、垂直方向ともに2倍に拡大することで所望の L_n 画素 $\times L_n$ 画素に近い画像サイズまで拡大することを行う。この際に、上述のウェーブレット変換における多重解像度解析を利用するのである。こうすることで、従来の直交変換を行い、周波数領域で不足を補う方法では処理時間より複数ブロックへ分割することでブロックのつなぎ目でジャギー状のノイズが発生することが問題であったが、ウェーブレット変換では1度に大きな画像を扱うことができるのでこのようなノイズは発生しないというメリットを持つ。

【0040】12では、図3におけるサブバンド成分LL1として $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整した画像と見なした場合、残りのHL1、LH1、HH1の3つのサブバンド成分に相当する $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素の画像を推定する必要がある。

【0041】図5はその様子を模式的に表したものであるが、ここではHL1、LH1、HH1の3つの画像をLL1の3方向におけるエッジ画像と見なす方式を取る。前述したように、HL1成分は $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像の4倍の画素数を持つ拡大画像(LL0とする)において水平方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなり、LH1はLL0において垂直方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなる。そして、HH1は水平方向、垂直方向ともに高周波な成分を抽出した画像となる。つまり、HL1はLL0画像において、水平方向における高い周波数成分を表す部分、つまり垂直方向におけるエッジ情報を反映するものとして考えられる。一方、LH1はLL0画像において、垂直方向における高い周波数成分を表す部分、つまり水平方向におけるエッジ情報を反映するものとして考えられる。そして、HH1は、LL0画像において、垂直方向にも水平方向にも高い周波数成分を表す部分、つまり斜め方向におけるエッジ情報を反映するものとして考えられる。よって、本発明では、垂直エッジ生成手段100で、11で調整された $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像の垂直方向におけるエッジ成分を抽出し、不足しているHL1成分と見なす。また、水平エッジ生成手段101では、11で調整された $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像の水平方向におけるエッジ成分を抽出し、不足しているLH1成分と見なす。同様に斜めエッジ生成手段102では、11で調整された $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像の斜め方向におけるエッジ成分を抽出し、不足しているHH1成分と見なす。この際、エッジ検出手段としては、図6にあるような3つの方向を検出するためのフィルタを使うこととする。なお、このフィルタは一義的に決まるものでなく、これら以外にも可能である。レベルアップ手段103では、以上のように推定された4つの

サブバンド成分に逆ウェーブレット変換を行うことで、 dL_n 画素 $\times dL_n$ 画素のサイズを持つ鮮明な拡大画像を獲得する。なお、この際、ウェーブレット変換は図2のようにフィルタ系列処理で表せるため、ここでの処理もこの逆を行うフィルタ系列処理であっても構わない。

【0042】12で得られた拡大画像は、そのサイズが所望の画像サイズ L_n 画素 $\times L_n$ 画素が2の倍数でない場合($L_n/2$ の値が整数でない場合)、微妙にずれを生じる。そこで拡大画像調整手段13では、その微妙なずれを補うように画素補間を間引きを行うのである。ここで行われる処理は、高々1画素であるので画像において変化の小さい部分(階調変化が少なくエッジ付近以外)で処理することでその影響は小さい。

【0043】拡大画像調整手段13を経て得られた拡大画像は14でCRTの表示されたり、他の装置への入力になるように出力される。

【0044】以上のように、本実施例の形態によれば、単純に原画像での画素間を補間したり、従来装置のように周波数領域で不足分な周波数成分を0等で埋めるなどした際に生じるエッジボケを低減できるだけでなく、直交変換方法で問題とされていたジャギー等のノイズを発生させることなく鮮明な拡大画像が実現できる。また予めルール等を作成することなく手軽に推定することも可能となる。

【0045】(第2の実施の形態)次に、本発明の第2の実施の形態である画像拡大装置について説明する。図7は第2の実施の形態である画像拡大装置における画像拡大手段の構成を表す。また、図8は第2の実施の形態である画像拡大装置における処理過程を模式的に表す。

【0046】図7において、700は入力画像調整手段11で $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像を対象としたウェーブレット変換する際に、得られたサブバンド成分は変換前の水平、垂直方向ともに画素数が $1/2$ になることを受けて、 $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素を2の倍数になるように調整する入力微調整手段であり、701は700で得られた ddL_n 画素 $\times ddL_n$ 画素の原画像を対象としてウェーブレット変換を行い、その4つのサブバンド成分LL2、HL2、LH2、HH2を生成するレベルダウン手段であり、702は701で得られたサブバンド成分の内、低周波域にあるLL2成分よりエッジフィルタ処理により垂直方向のエッジ情報を検出し、参照HL成分 HLe とする参照HL成分生成手段であり、703は701で得られたサブバンド成分の内、低周波域にあるLL2成分よりエッジフィルタ処理により水平方向のエッジ情報を検出し、参照LH成分 LHe とする参照LH成分生成手段であり、704は701で得られたサブバンド成分の内、低周波域にあるLL2成分よりエッジフィルタ処理により斜め方向のエッジ情報を検出し、参照HH成分 HHe とする参照HH成分生成手段である。そして、705は702で得られた参照HL成分 HLe と701で得られたHL2成分

の相関より、垂直エッジ生成手段100で得られた $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像に対する HL 成分画像 $HL1$ を補正するための補正成分 dHL を求める HL 補正推定手段であり、708は703で得られた参照 LH 成分 LHe と701で得られた $LH2$ 成分の相関より、水平エッジ生成手段101で得られた $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像に対する LH 成分画像 $LH1$ を補正するための補正成分 dLH を求める LH 補正推定手段であり、707は704で得られた参照 HH 成分 HHe と701で得られた $HH2$ 成分の相関より、斜めエッジ生成手段102で得られた $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像に対する HH 成分画像 $HH1$ を補正するための補正成分 dHH を求める HH 補正推定手段であり、708は705で得られた補正成分 dHL を $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素に調整したものと垂直エッジ生成手段100で得られた HL 成分画像 $HL1$ より $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像に対する HL 成分を推定する HL 成分推定手段であり、709は706で得られた補正成分 dLH を $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素に調整したものと水平エッジ生成手段101で得られた LH 成分画像 $LH1$ より $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像に対する LH 成分を推定する LH 成分推定手段であり、709は707で得られた補正成分 dHH を $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素に調整したものと斜めエッジ生成手段102で得られた HH 成分画像 $HH1$ より $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像に対する HH 成分を推定する HH 成分推定手段である。

【0047】以上のように構成された第2の実施の形態である画像拡大装置の動作について図8の処理工程の模式図に従い説明する。

【0048】本発明の第1の実施の形態である画像拡大装置と同様に、10で得られた原画像は11の入力画像調整手段11で所望の拡大画素サイズ Ln 画素 $\times Ln$ 画素を水平、垂直画素数ともに2の倍数である dLn 画素 $\times dLn$ 画素に調整し、その垂直、水平ともに $1/2$ のサイズである $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に原画像を調整する。700では、11の結果を受けて $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に調整された原画像からレベルダウン手段701でさらに1レベル下のサブバンド成分を得るために、 $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素を2の倍数になるように1画素補間したり間引いたりして $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素に微調整を行う。そして701では、700で得られた $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像を対象としてウェーブレット変換を行い、この $1/4$ の画像サイズを持つ4つのサブバンド成分 $LL2$ 、 $HL2$ 、 $LH2$ 、 $HH2$ を生成する。

【0049】図9は画像拡大手段における処理の概要を模式的に表している。本発明の第1の実施の形態の場合、現対象画像 $LL1$ の垂直方向のエッジ画像、水平方向のエッジ画像、斜め方向のエッジ画像を現対象画像の4倍に拡大した画像 $LL0$ のウェーブレット変換画像において不足していたサブバンド成分 $HL1$ 、 $LH1$ 、 $HH1$ と見なし

しない。例えば $LL0$ から $HL1$ をフィルタ処理で求める場合、図2のフィルタ処理から水平方向における高周波成分データと垂直方向における低周波成分データが $HL1$ 成分として抽出されている。このことより $HL1$ 成分には、水平方向において値変動の大きな画素部分（垂直方向にのびたエッジ部分等）と、垂直方向において値変動の少ない画素部分が抽出される。本発明の第1の実施形態では、この内の水平方向において値変動の大きな画素部分、つまり垂直方向にのびたエッジ部分による影響が大きいと考え、この垂直方向におけるエッジ情報のみを $HL1$ 成分と見なししたが、扱う画像によっては垂直方向において値変動の少ない画素部分の影響を無視できない場合がある。また、垂直方向におけるエッジ情報には水平方向において値変動の大きな画素部分を多く含むが、厳密には一致しない。このようなことは、他の $LH1$ 、 $HH1$ についても言える。以上のことから本発明では、現在の対象画像を1度ウェーブレット変換してレベルを1つ下げることによってサブバンド成分 $LL2$ 、 $HL2$ 、 $LH2$ 、 $HH2$ を作成し、そのサブバンド成分における低周波域成分 $LL2$ の3方向におけるエッジ画像 HLe 、 LHe 、 HHe と実際の3つのサブバンド成分 $HL2$ 、 $LH2$ 、 $HH2$ の間の相関より、元々の対象画像の3つのエッジ画像から対応するサブバンド成分を推定するための補正量 dHL 、 dLH 、 dHH を求めることとした。

【0050】まず702では、この $LL2$ 、 $HL2$ 、 $LH2$ 、 $HH2$ の内の低周波域にあり原画像をもっとも表している $LL2$ 成分に注目して、図8(b)のようなフィルタにより垂直方向のエッジ情報を検出する。これを参照 HL 成分 HLe とする。そして、 HL 推定手段705において、この参照 HL 成分 HLe と701で得られた $HL2$ の間の相関を調べるのである。その方法としては様々な考えられるが、ここでは、図9(c)のように参照 HL 成分 HLe と実際の HL 成分 $HL2$ の間の差分画像 $dHL = HLe - HL2$ を求めることとした。703、704でも同様に参照 LH 成分 LHe として $LL2$ 成分の水平方向のエッジ情報を、参照 HH 成分 HHe として $LL2$ 成分の斜め方向のエッジ情報を選び、 LH 推定手段706において、この参照 LH 成分 LHe と実際の LH 成分 $LH2$ の間の差分画像 $dLH = LHe - LH2$ を求め、 HH 推定手段707において、この参照 HH 成分 HHe と実際の HH 成分 $HH2$ の間の差分画像 $dHH = HHe - HH2$ を求めた。そして、708、709、710では、本発明の第1の実施例と同様に、垂直エッジ生成手段100で得られた $HL1$ 、水平エッジ生成手段で得られた $LH1$ 、斜めエッジ生成手段102で得られた $HH1$ に対応する補正成分 dHL 、 dLH 、 dHH を加算することで、700で $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素に調整された原画像をサブバンド成分の $LL1$ 見なしの際の $HL1$ 、 $LH1$ 、 $HH1$ 成分を推定する。708から710において、705から707で得られた補正成分 dHL 、 dLH 、 dHH を使用する際、各補正画像の画素サイズが $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素になるように、(数1)に従い

各画素間を補間することで調整したが、これは一義的ではなくこれ以外にも従来の周波数変換された領域で不足成分に0を埋めることで水平、垂直方向ともに2倍の画素サイズに拡大する方法等も適用可能である。しかし、処理の効率化と、このサブバンド成分を使って逆ウェーブレット変換により拡大処理を行うことを考慮に入れた場合、単純に画素補間しても、最終的に得られた拡大画像の画質に与える影響は小さいことからここでは(数1)のような線形補間による方式を708から710は取ることにする。

【0051】103以降は本発明の第1の実施形態と同様に処理が行われ、拡大画像出力手段14で最終的に得られた拡大画像がCRTに表示されたり、他の装置への入力になるように出力される。

【0052】なお708から710におけるHL、LH、HH成分推定としては、上記のような参照成分と実際の成分間の差分成分の加算以外にも

(1) 705から707で得られた補正量にある変換係数マトリクスを乗算した結果を100から102の成分値に加える

(2) 705から707で得られた補正量を変換関数により変換された結果を100から102の結果に加える

(3) 705から707、100から102の結果を入力してHL、LH、HHの推定値を出力するように学習されたニューラルネットワークモデルを使う

(4) 705から707、100から102の結果を入力して、予め用意された大量のデータベースやルールベースからHL、LH、HH成分を推定する等の方法を用いることも十分可能である。

【0053】このようにすることで、本発明の第1の形態で取った単純に調整された原画像の3方向のエッジ検出を行っただけでは取り出すことができなかったウェーブレット変換画像における不足サブバンド成分、特に高周波成分をより精度よく推定することができ、画像のぼけを減少させることができる。また、ウェーブレット変換を用いることで、直交変換のようなブロック分割の必要がなく、従来の直交変換による方法で問題とされていたブロック歪みは発生しない。

【0054】(第3の実施の形態)次に本発明の第3の実施の形態である画像拡大装置について説明する。図10は第3の実施の形態である画像拡大装置において画像拡大手段の構成を表す。また、図11は本発明の第3の実施の形態である画像拡大装置の処理工程を模式的に表す。

【0055】図10において、1000は入力微調整手段700で得られた原画像よりラプラシアンフィルタ処理によりエッジ画像を検出するエッジ生成手段であり、1001は、レベルダウン手段701で得られたLL2成分画像からラプラシアンフィルタ処理により、700で得られた原画像に対応するHL、LH、HH成分の推定値

を補正するための参照成分を生成する参照成分生成手段である。

【0056】以上のように構成された第3の実施の形態である画像拡大装置の動作について図11の処理工程の模式図に従い説明する。画像入力手段10、入力画像調整手段11における処理は本発明の第1の実施の形態例と同様であり、入力微調整手段700における処理も本発明の第2の実施の形態例で説明したように、11で $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に調整された原画像からレベルダウン手段701でさらに1レベル下のサブバンド成分を得るために、 $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素を2の倍数になるように1画素補間したり間引きしたりして $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素に微調整を行う。

【0057】参照成分生成手段1001では、701で得られたサブバンド成分画像において、低周波域にあるLL2より、708から710における推定に使用される各補正量を求めるための参照成分を求めるものである。ここでは、LL2に図12の(a)(b)のようなラプラシアンフィルタを用いることで、LL2の平均的なエッジ画像を参照成分画像と見なす。ラプラシアンフィルタでは、図6のように特定方向のエッジを検出するのではなく、方向性にとらわれにくいエッジを検出する方法として良く使用される。本実施例では、これを参照成分画像として、本実施の第2の形態で行ったような補正量を求めることにする。こうすることで、第2の実施の形態で問題とされていた頻繁なエッジ検出処理を減らすことができ、処理の効率化につながる。HL補正推定手段705、LH補正推定手段706、HH補正推定手段707では、第2の実施の形態と同様に、1001で得られたエッジ画像HEと701で得られたLL2の差分画像dLL2、1001で得られたエッジ画像HEと701で得られたLH2の差分画像dLH2、1001で得られたエッジ画像HEと701で得られたHH2の差分画像dHH2を求め、(数1)のような線形近似により各差分画像を $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素を持つ画像に調整する。一方、エッジ生成手段1000では11で調整された $ddLn$ 画素 $\times ddLn$ 画素の原画像よりラプラシアンフィルタによるエッジ画像を検出し、HL成分推定手段708、LH成分推定手段709、HH成分推定手段710において、上記705から707での補正画像を加えることで各サブバンド成分HL、LH、HHを精度良く推定するのである。こうすることで、 $(2 \times ddLn)$ 画素 $\times (2 \times ddLn)$ 画素の拡大画像を鮮明に推定でき、これに数画素の補間や間引きを加えることで所望のLn画素 $\times Ln$ 画素を持つ拡大画像を精度良く得ることができる。

【0058】なお、本実施の第2の形態例で説明したように、708から710における補正としては、これ以外にも705から707の補正量にある変換係数マトリクスを乗算した結果や変換関数により変換された結果を使用することも可能である。

【0059】以上のように、本実施例では、第2の画像拡大装置では調整された原画像の垂直方向エッジ画像、水平方向エッジ画像、斜め方向エッジ画像の補正画像を入力された原画像に対するウェーブレット変換画像の不足サブバンド成分として利用した点を、入力された原画像のウェーブレット変換画像の低周波域にある水平、垂直画素ともに1/2サイズの縮小画像からの1つの平均エッジ画像とその残りのサブバンド成分との関連を調べ、原画像に対して不足している3つのサブバンド成分の推定に適用することで処理の高速化に努めたものである。

【0060】(第4の実施の形態) 本発明の第4の実施の形態である画像拡大装置について説明する。図13は第4の実施の形態である画像拡大装置の構成を表し、図14は第4の実施の形態である画像拡大装置における処理工程を表す。

【0061】本発明の主旨は、予め拡大する画素数がわかっていなくて、原画像を元にウェーブレット変換による多重解像度解析に従い、水平、垂直方向ともに2倍しながら拡大画像を生成し、それをユーザに提示することで適切な拡大画像が得られたかどうかを判定してもらうものである。

【0062】図13において、1300は拡大対象となる画像を設定する拡大処理初期化手段であり、最初は10で入力された原画像が設定される。1301は1300で拡大対象画像に設定された n 画素 $\times n$ 画素の画像をウェーブレット変換による多重解像度解析を利用して $2n$ 画素 $\times 2n$ 画素に拡大する対象画像拡大手段であり、1302は1301で得られた拡大画像をユーザに提示するための拡大画像提示手段であり、1303は1302でユーザに提示された拡大画像サイズが適切かどうかをユーザからの指示入力に従い判定を行う多重処理終了判定手段であり、1304はユーザに1303の拡大画像のサイズの微調整が必要かどうかを判定してもらい、必要であるという指示を受けた場合には1303での拡大画像の拡大処理または縮小処理の微調整を行う画像調整手段としての画像微調整手段である。

【0063】以上のように構成された第4の実施の形態である画像拡大装置の動作について図14の処理工程を表す図に従い説明する。10で入力された n 画素 $\times n$ 画素の原画像は、まず1300で拡大対象画像に設定される。次に1301の対象画像拡大手段では、 n 画素 $\times n$ 画素の原画像を水平、垂直方向ともに2倍、つまり4倍の画像サイズに拡大する。この拡大処理は、本発明の第1から第3の実施の形態の画像拡大装置で説明した画像拡大手段を適用することで、つねに対象画像の4倍の画素を持つサイズに拡大することができる。1302は1301で得られた現在の拡大画像をユーザにCRTを通して提示する手段であり、もしCRT解像度を越えた場合には、カーソル等で視点を動かせるようできる機能や、

特定部分を切り出す機能を持たせることでよりユーザによる現在の拡大画像の適正さを判断するための助けとなる。1303では、そのユーザからの指示結果を受け、適切である場合には次の画像微調整手段1304へ処理が移り、適切でないという指示を受けた場合には、この拡大画像を次の対象画像に設定して1301へ処理が戻るのである。

【0064】画像微調整手段1304では、ユーザに微調整が必要かどうかの確認をする。これは、画像拡大にウェーブレット変換による多重解像度解析を利用しているため、常に拡大前の4倍の画像サイズでしか生成できない。そのため、ユーザが見た場合、やはり前の画像では小さいが、これではCRTに一度で描画できず大きすぎると思われる場合が生じるかもしれない。そこで1304では、再度ユーザにこの画像をいくらか調整するかを確認をとり、すこし大きくする場合には画素補間を行う。一方、すこし小さくする場合には、画素の間引きを行うことで再度画像サイズの調整を行うのである。なお、この画素補間を行う場合には、エッジ以外の画素値の変動の小さい領域を選んで行うようにする。間引きについても同様である。しかし、周波数領域に変換し、そこで不足成分の付加や余剰成分を高周波より取り出す手法を取ることとも可能であり、処理時間や処理を行うCPU能力等に合せて適切な方法を取ることが考えられる。14は1304で得られた拡大画像をCRTに表示したり、プリンタで出力したり、または他の装置へデータとして渡すなどして出力処理を行う。

【0065】以上のように、本発明における第4の画像拡大装置は、得られた詳細な拡大画像をユーザに提示してサイズや解像度が適切かどうかの判断をしてもらい、それが得られた時点で一連の拡大作業の中止を指示すればよい。予め拡大画像の拡大率を決める必要はなく、ユーザの好むサイズに簡単に拡大させることが可能となる。

【0066】(第5の実施の形態) 最後に本発明の第5の実施の形態である画像拡大装置について説明する。図15は第5の実施の形態である画像拡大装置の構成を表し、図16は第5の実施の形態である画像拡大装置における処理のフローチャートを表す。カラーの原画像の拡大画像を推定する際、1色の多階調データの拡大処理よりも拡大処理が膨大となるという欠点を持つ。本発明はその効率化に関係する発明である。

【0067】図15において、1500はカラー原画像より基本とするカラー成分を選択する基本成分選択手段、1501は基本カラー成分と残りのカラー成分の間の単純比率を計算する変換比率導出手段、1502は n 画素 $\times n$ 画素を持つ基本カラー成分画像の原画像の水平、垂直画素数を所望の拡大画像サイズ m 画素 $\times l$ 画素の1/2に調整する基本成分画像調整手段、1503はウェーブレット変換における多重解像度解析を利用した

画像拡大を基本カラー成分に対し行う基本画像拡大手段、1504は基本画像拡大手段1503で得られた基本カラー成分の拡大画像を所望の拡大画像サイズである ln 画素 \times ln 画素に調整する基本拡大画像調整手段、1505は1504で得られた基本カラー成分の拡大画像から残りのカラー成分の拡大画像を推定する不足成分拡大手段であり、1506はこれまでに得られた各カラー成分の拡大画像を1つに再構成する拡大カラー画像再構成手段である。

【0068】以上のように構成された第5の実施の形態である画像拡大装置の動作について図16の処理工程を表す図に従い説明する。10で入力されたカラー原画像から基本とするカラー成分を1500で選択する。通常、カラー原画像の構成はレッド、グリーン、ブルーの3つのカラー成分より構成されており、輝度情報にグリーンデータが大きく反映されることを考慮すると、基本カラー成分としてはグリーンデータが適切と考えるが、他のカラーでも構わない。また、レッド、ブルー、グリーンの3つの信号を他の表色系による色データに変換し、そこから基本カラー成分を選択することも可能である。例えば、輝度、色相、彩度に変換し、輝度を基本カラー成分に選択することも可能であるが、ここではレッド、ブルー、グリーンの表色系のまま扱うこととし、基本カラー成分にはグリーンデータを用いることとする。1501の変換比率導出手段では、このグリーンデータに対するレッド成分の単純比率 $ratio\#r$ とグリーンデータに対するブルー成分の単純比率 $ratio\#b$ を求める。比率を求める方法としては多種多様なものがあるが、ここでは、(数2)のように、対象とする領域内のレッドのグリーンに対する比率の平均値と対象とする領域内のブルーのグリーンに対する比率の平均値を用いることとする。

【0069】

【数2】

$$ratio_r = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} r_ij / g_ij$$

$$ratio_b = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} b_ij / g_ij$$

【0070】(数2)で、 r_ij は原画像における画素位置 (i,j) のレッドデータであり、 g_ij は原画像における画素位置 (i,j) のグリーンデータであり、 b_ij は原画像における画素位置 (i,j) のブルーデータである。しかし、このように1つの比率係数を使って拡大された残りの成分を全て推定するのではなく、各画素におけるグリーンデータに対するレッド成分の比率より構成されるマトリックス $R\#r$ とグリーンデータに対するブルー成分の単純比率より構成されるマトリックス $R\#b$ を採用することも可能である。この場合、1つの比率係数を使うより

も、元のカラー原画像の特徴を再現することが可能となり、より精度良くカラー画像の拡大を行うことができる。なお、この時、カラー原画像より得られる変換マトリックスの要素数は、拡大画像に対する画素数より小さいため、不足する部分については補間してやる必要がある。

【0071】この基本カラー成分であるグリーンデータに対して、本発明の第1から第3の実施の形態の画像拡大装置と同様に、基本画像拡大処理を1503で行い、得られた基本カラー成分の拡大画像を1504で所望の画像サイズ ln 画素 \times ln 画素になるように、画素補間または間引きをして調整する。そして、1505の不足成分拡大手段において、1504の拡大されたグリーンデータに1501で得られたグリーンデータに対するレッド成分の単純比率 $ratio\#r$ とグリーンデータに対するブルー成分の単純比率 $ratio\#b$ を適用することで、残りのレッド、ブルー成分における拡大データを作成する。この3つの拡大成分を1つにまとめることで、カラー原画像の拡大画像を得ることができ、14ではそれをCRT等に表示したり、プリンタ等の出力装置に渡したり、他の画像処理装置で扱われるデータと出力処理が行われるのである。

【0072】このような処理をとることで、カラー原画像を構成する複数成分1つ1つをいちいち拡大処理をする必要がなくなり処理の簡単化、高速化をはかることが可能となる。

【0073】

【発明の効果】以上のように本発明における第1の画像拡大装置は、入力された原画像を $ln/2$ 画素 \times $ln/2$ 画素に調整する入力画像調整手段と、前記入力画像調整手段により調整された画像にウェーブレット変換に基づく方法を適用して拡大画像を生成する画像拡大手段と、を有することにより、従来の直交変換手法で発生したブロック歪みを生じることなく拡大画像のエッジのがたつきやぼけを手軽に低減させることが可能となる。

【0074】また第1の実施の形態の画像拡大装置は、入力された原画像を対象としたウェーブレット変換画像での低周波域にある1/4サイズ縮小画像より得られる3つのエッジ画像と、前記変換画像内の残りの3つのサブバンド画像間の関連を求め、その関連情報を使って求める拡大画像の画素数に応じて調整された原画像の垂直方向エッジ画像、水平方向エッジ画像、斜め方向エッジ画像の各々を補正することにより、単純にエッジ検出を行っただけでは取り出すことのできなかったウェーブレット変換画像における不足高周波数成分をより精度よく推定することができる。

【0075】また第2の実施の形態の画像拡大装置は、調整された原画像の垂直方向エッジ画像、水平方向エッジ画像、斜め方向エッジ画像の3つを求め所望の拡大画像の不足サブバンド成分と見なし、さらにそれらのサブ

バンド成分の補正にも前記原画像をウェーブレット変換して得られた1/4サイズ縮小画像の垂直方向エッジ画像、水平方向エッジ画像、斜め方向エッジ画像を使用したものである。

【0076】また、第3の実施の形態の画像拡大装置は、1つのラプラシアンフィルタで得られる平均的なエッジ画像を使って所望の拡大画像の不足サブバンド成分の推定と前記原画像のさらなるウェーブレット変換画像を使った補正を行うことにより、処理の更なる高速化に努めたものである。

【0077】また本発明の画像拡大装置は、入力される原画像を拡大処理して拡大画像を得る画像拡大装置において、拡大対象画像に原画像を設定する拡大処理初期化手段と、前記拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく方法を適用することにより、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成する対象画像拡大手段と、対象画像拡大手段により得られた拡大画像を拡大対象画像に設定し、対象画像拡大手段に処理を戻す手段と、前記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を視覚的に提示する拡大画像提示手段と、前記拡大画像提示手段により提示された拡大画像に対し、拡大処理または縮小処理を行う画像調整手段と、前記画像調整手段により得られた画像を出力する拡大画像出力手段と、を有することを特徴とするものである。

【0078】この画像拡大装置によれば、拡大画像の拡大率が不明の場合に上記のウェーブレット変換を用いた拡大方式を適用したものであり、逆ウェーブレット変換で得られた拡大画像を次の対象画像として順に拡大画像生成するとともにユーザに提示することができる。そして、ユーザはその提示された画像をもとに各目の好む画像サイズ（画像解像度）が得られた時点で一連の拡大作業の中止を指示すればよいため、試行錯誤しながら画像拡大をいちいち行う必要がなく、ユーザインターフェースとしてより簡便なものとなっている。

【0079】また本発明の画像拡大装置は、入力される n 画素 $\times m$ 画素のカラーディジタル画像を拡大処理して Ln 画素 $\times Lm$ 画素の拡大画像を得るカラー画像拡大装置において、前記カラー画像構成成分より基本カラー成分を選択する基本成分選択手段と、前記基本成分選択手段で選択された基本カラー成分から他のカラー成分を導出する際の変換比率を導出する変換比率導出手段と、入力された原画像の基本カラー成分を $Ln/2$ 画素 $\times Lm/2$ 画素に調整する基本成分画像調整手段と、前記基本成分画像調整手段により、調整された画像の基本カラー成分にウェーブレット変換に基づく方法を適用して拡大画像を生成する基本画像拡大手段と、前記基本画像拡大手段で得られる基本カラー成分の拡大画像を所望の Ln 画素 $\times Lm$ 画素に調整する基本拡大画像調整手段と、前記基本拡大画像調整手段で導出された基本カラー成分の拡大画像に変換比率導出手段の変換比率を適用することで他のカラー成分に

おける拡大画像を推定する不足成分拡大手段と、前記基本拡大画像出力手段で導出された基本カラー成分の拡大画像と、前記不足成分拡大手段で推定された残りのカラー成分を合成することでカラー原画像の拡大画像を生成する拡大画像出力手段とを有することを特徴とするものである。

【0080】この画像拡大装置によれば、入力された画像がカラー画像である場合に、入力されたカラー画像を構成するカラー成分で基準とするカラー成分を決定し、その基本カラー成分に対する拡大画像を生成する。そして、残りのカラー成分に対しては、基本カラー成分の拡大画像に変換比率による線形変換を行い推定することで、カラー画像の拡大画像生成における処理の効率化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態である画像拡大装置の構成を表すブロック図

【図2】ウェーブレット変換におけるフィルタ処理過程を表す図

【図3】ウェーブレット変換画像におけるサブバンド成分を模式的に説明する図

【図4】本発明の第1の実施の形態である画像拡大装置の処理の工程を模式的に表す図

【図5】ウェーブレット変換画像における不足サブバンド成分の推定を模式的に表す図

【図6】垂直方向、水平方向、斜め方向エッジ検出に適用されるフィルタの一例を表す図

【図7】本発明の第2の実施の形態である画像拡大装置を構成する画像拡大手段の構成を表すブロック図

【図8】本発明の第2の実施の形態である画像拡大装置の処理工程を模式的に表す図

【図9】ウェーブレット変換画像における不足サブバンド成分の推定と補正を模式的に表す図

【図10】本発明の第3の実施の形態である画像拡大装置を構成する画像拡大手段の構成を表すブロック図

【図11】本発明の第3の実施の形態である画像拡大装置の処理工程を模式的に表す図

【図12】エッジ検出に適用されるラプラシアンフィルタの一例を表す図

【図13】本発明の第4の実施の形態である画像拡大装置の構成を表すブロック図

【図14】本発明の第4の実施の形態である画像拡大装置の処理工程を模式的に表す図

【図15】本発明の第5の実施の形態である画像拡大装置の構成を表すブロック図

【図16】本発明の第5の実施の形態である画像拡大装置の処理工程を模式的に表す図

【図17】従来の線形補間方式を説明する図

【図18】従来の画像拡大装置の構成を表すブロック図

【図19】従来の周波数領域に変換して拡大する例を説

明する図

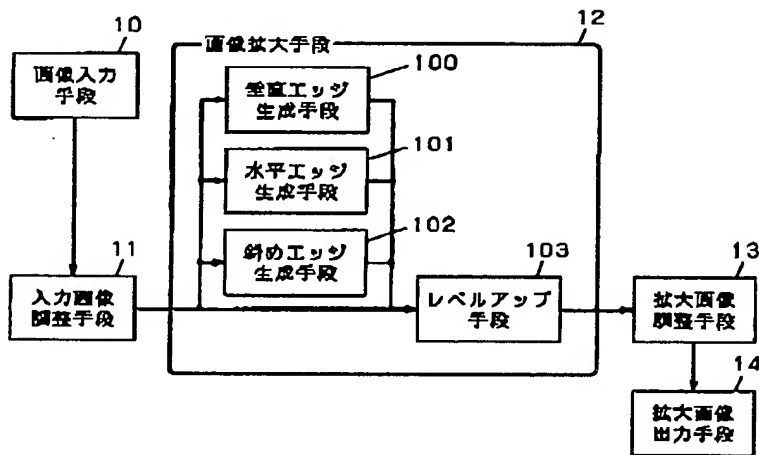
【符号の説明】

- 10 画像入力手段
 11 入力画像調整手段
 12 画像拡大手段
 13 拡大画像調整手段
 14 拡大画像出力手段
 100 垂直エッジ生成手段
 101 水平エッジ生成手段
 102 斜めエッジ生成手段
 103 レベルアップ手段
 700 入力像調整手段
 701 レベルダウン手段
 702 参照HL成分生成手段
 703 参照LH成分生成手段
 704 参照HH成分生成手段
 705 HL補正推定手段
 706 LH補正推定手段
 707 HH補正推定手段
 708 HL成分推定手段

- *709 LH成分推定手段
 710 HH成分推定手段
 1000 エッジ生成手段
 1001 参照成分生成手段
 1300 拡大処理初期化手段
 1301 対象画像拡大手段
 1302 拡大画像提示手段
 1303 多重処理終了判定手段
 1304 画像微調整手段
 10 1500 基本成分選択手段
 1501 変換比平導出手段
 1502 基本画像調整手段
 1503 基本画像拡大手段
 1504 基本拡大画像調整手段
 1505 不足成分拡大手段
 1506 拡大カラー画像再構成手段
 1800 原画像直交交換手段
 1801 "0"成分埋め込み手段
 1802 逆直交交換手段

*20

【図1】



【図12】

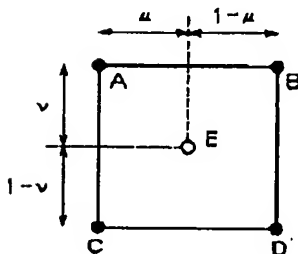
(a) ラプラシアンフィルタの例1

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

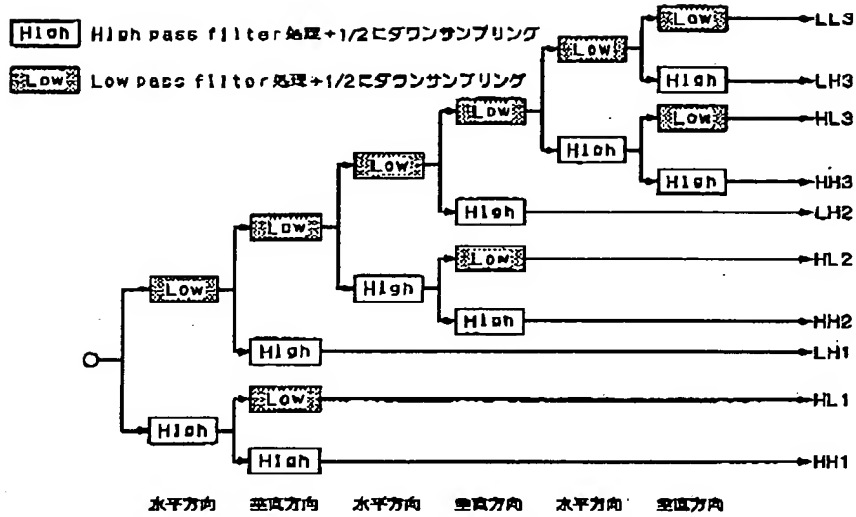
(b) ラプラシアンフィルタの例2

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

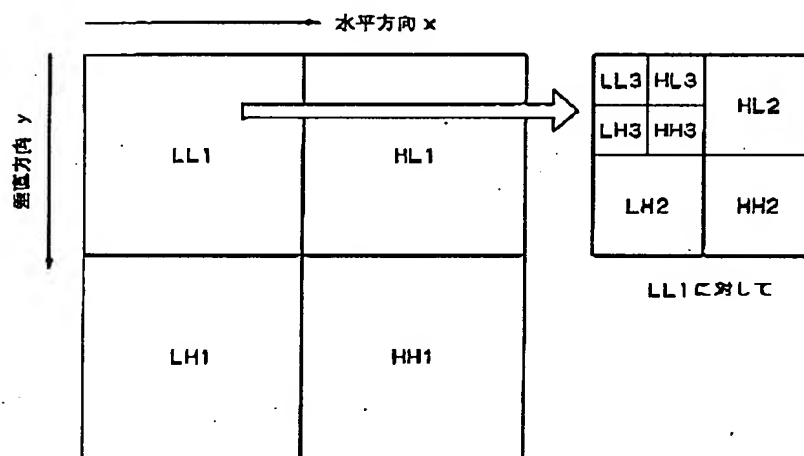
【図17】



【図2】



【図3】



【図6】

(a)
水平方向のエッジを検出
するフィルタの例

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

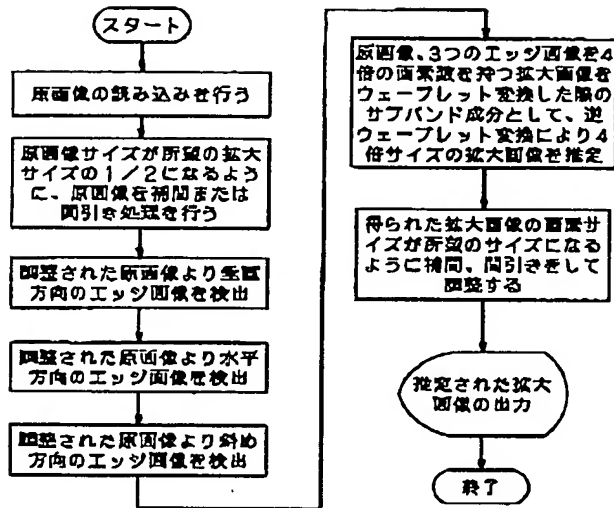
(b)
垂直方向のエッジを検出
するフィルタの例

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

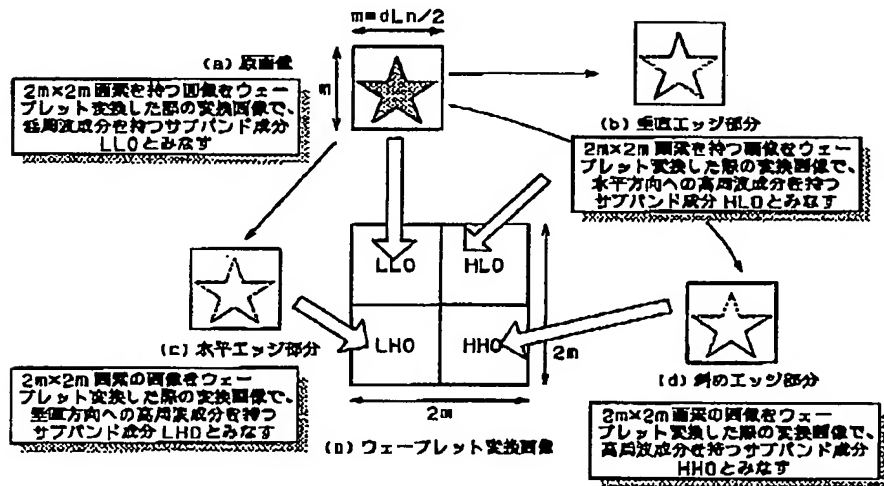
(c)
斜め方向のエッジを検出
するフィルタの例

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

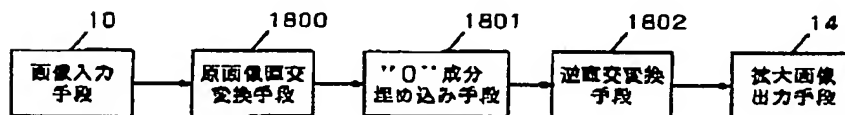
【図4】



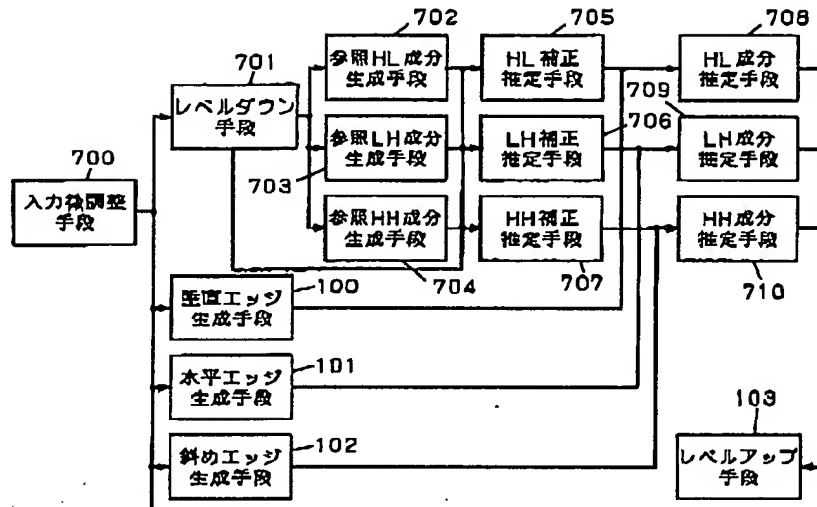
【図5】



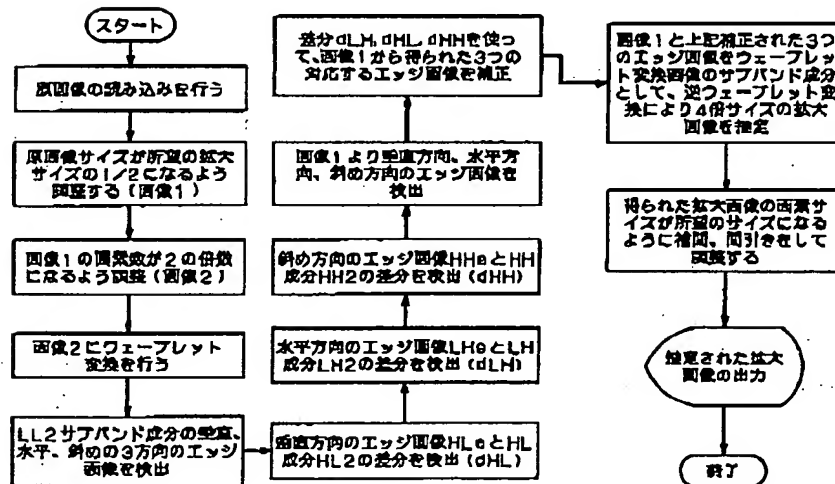
【図18】



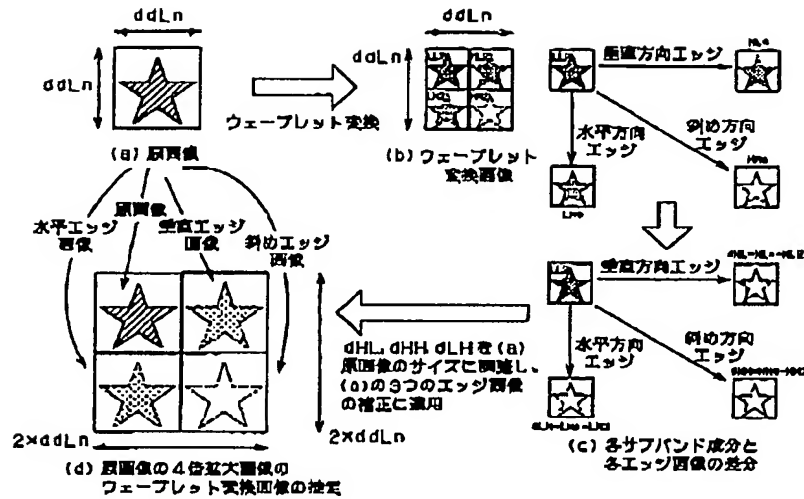
【図7】



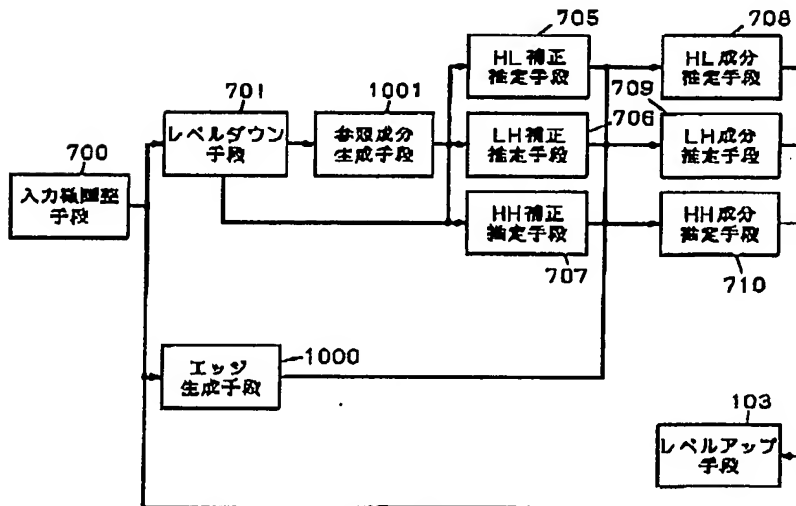
【図8】



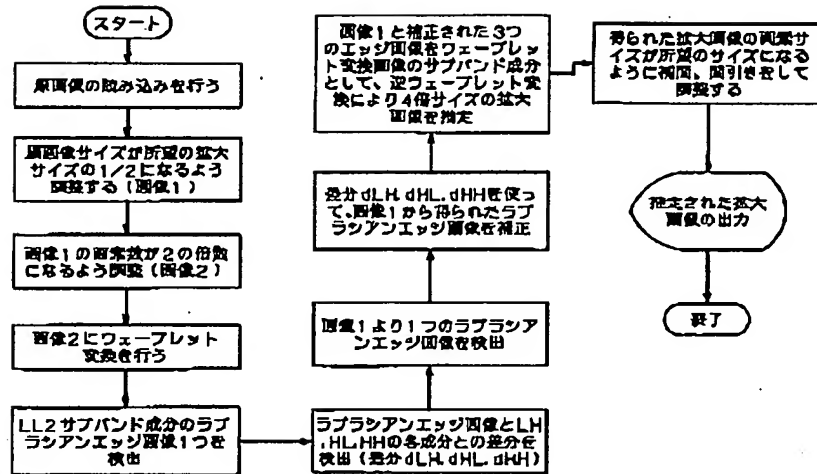
【図9】



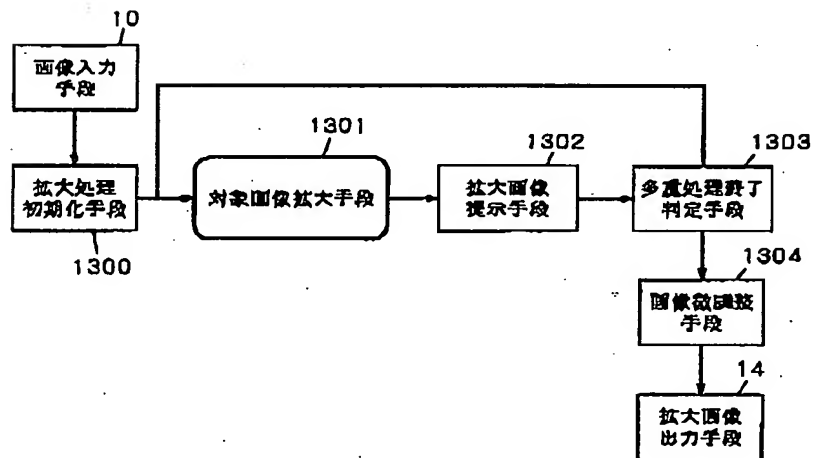
【図10】



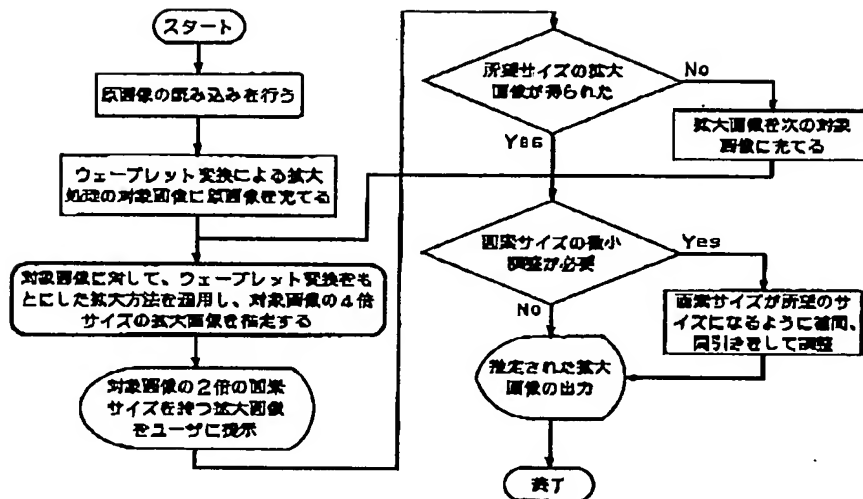
【図11】



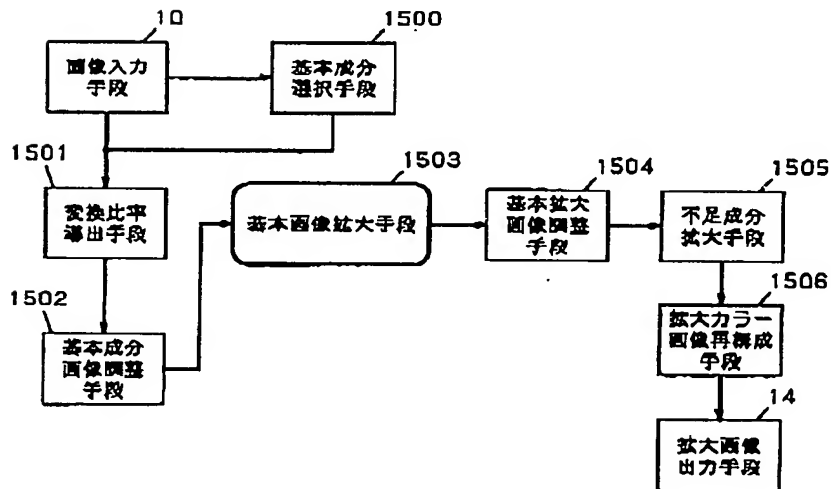
【図13】



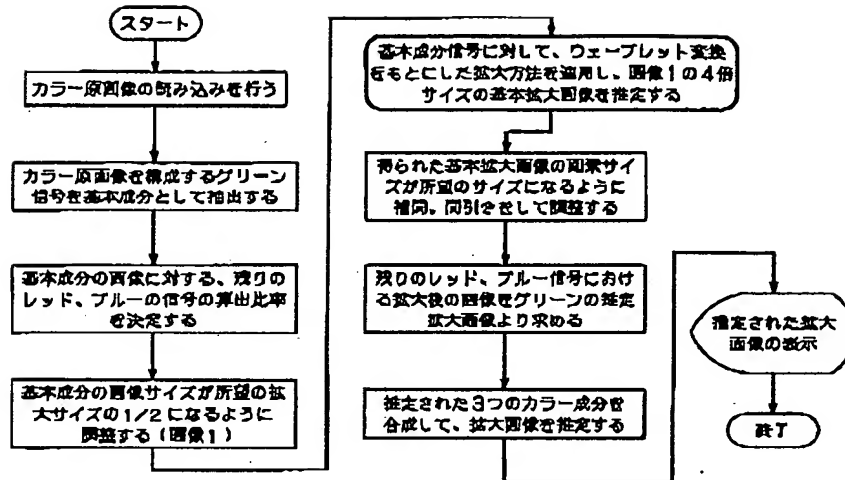
【図14】



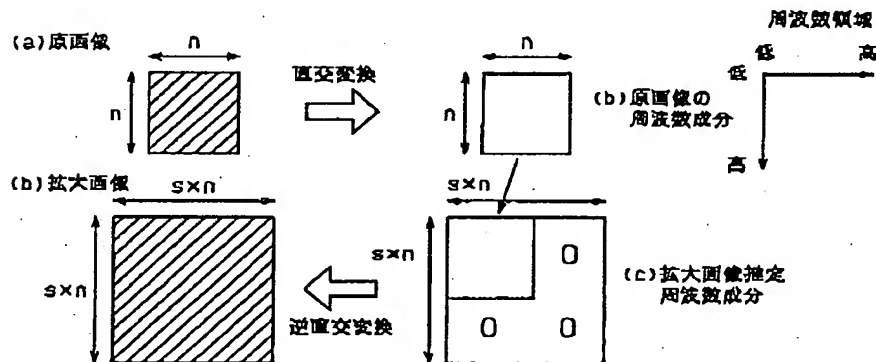
【図15】



【図16】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 小嶋 宜夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内Fターム(参考) 5B057 AA11 CA16 CB01 CB16 CD06
CD07 CD10 CE03 CE06 CE16
CG10 CH09 DB06 DC16
5C076 AA21 AA31 BA02 BA06 BB06
BB07 BB42 CA12 CB01

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)